

(11)Publication number : 03-139027

(43)Date of publication of application : 13.06.1991

H04B 7/005

(21)Application number : 01-276717

(71)Applicant : FUJITSU LTD

NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 24.10.1989

(72)Inventor : MISHIRO TOKIHIRO

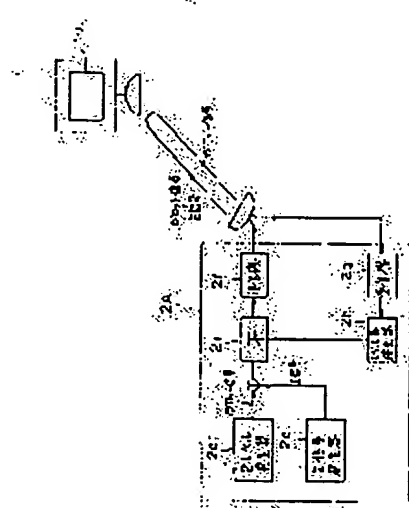
SHOMURA TATSURO

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the control with simple constitution by measuring directly the input/output characteristic of a satellite repeater.

CONSTITUTION: Two pilot signals having a prescribed level difference from the 2-level generator 2d of an earth station 2A are added to a main signal and the resulting signal is fed to the repeater 1a of an artificial satellite 1. A level difference between the two pilot signals is varied with the input/output characteristic of the repeater 1a.

The characteristic change is used to detect the level difference of the pilot signals returned from the repeater 1a by a detector 2h, thereby obtaining the input/output operating point of the repeater 1a directly. Then the detected reception difference is used as the control reference of transmission power of the earth station 2A and the transmission power of the earth station 2A is controlled by a variable attenuator 2i so that the reception level difference is always constant, thereby making the output power from the repeater 1a constant at all times.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-139027

⑬ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月13日

H 04 B 7/005

8226-5K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全8頁)

⑮ 発明の名称 衛星通信における送信電力制御方式

⑯ 特 願 平1-276717

⑰ 出 願 平1(1989)10月24日

⑱ 発 明 者 御 代 時 博 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑲ 発 明 者 正 村 遼 郎 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

\textcircled{21} 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

\textcircled{22} 代 理 人 弁理士 真 田 有

明 細 書

1. 発明の名称

衛星通信における送信電力制御方式

2. 特許請求の範囲

(1) レベル差をもつ信号を地球局(2A)から非線形な入出力特性を有する衛星中継器(1a)へ送信するとともに、該衛星中継器(1a)からの該レベル差について圧縮を受けた信号を該地球局(2A)で受信することにより、

該レベル差を検出し、受信レベル差が一定となるよう、該地球局(2A)からの送信電力を制御することを
特徴とする、衛星通信における送信電力制御方式、
(2) 時分割多元接続方式の衛星通信システムにおいて、

バースト信号間のガードタイミング部に、振幅レベル差の信号を挿入し、

該信号を地球局(2A)から非線形な入出力特性を

有する衛星中継器(1a)へ送信するとともに、該衛星中継器(1a)からの該レベル差について圧縮を受けた信号をそれぞれ該地球局(2A)で受信することにより、

該レベル差を検出し、受信レベル差が一定となるよう、該地球局(2A)からの送信電力を制御することを

特徴とする、衛星通信における送信電力制御方式、
(3) 時分割多元接続方式の衛星通信システムにおいて、

バースト信号先頭の搬送波再生同期信号に振幅のレベルを付与し、

該搬送波再生同期信号を地球局から非線形な入出力特性を有する衛星中継器(1a)へ送信するとともに、該衛星中継器(1a)からの該レベル差について圧縮を受けた信号をそれぞれ該地球局(2A)で受信することにより、

該レベル差を検出し、受信レベル差が一定となるよう、該地球局(2A)からの送信電力を制御することを

特開平3-139027(2)

特徴とする、衛星通信における送信電力制御方式。

2. 発明の詳細な説明

【目次】

要 要

産業上の利用分野

従来の技術（第8図）

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段（第1図）

作 用

実施例（第2～7図）

発明の効果

【概 要】

衛星通信における送信電力制御方式に関し、

衛星中継器の入出力特性を直接計測するようにし、簡単な構成で制御精度の向上をはかることを目的とし、

レベル差をもつ信号を地球局から非線形な入出

力特性を有する衛星中継器へ送信するとともに、該衛星中継器からの送レベル差について圧縮を受けた信号を該地球局で受信することにより、該レベル差を検出し受信レベル差が一定となるよう該地球局からの送信電力を制御するように構成する。

力特性を有する衛星中継器へ送信するとともに、該衛星中継器からの送レベル差について圧縮を受けた信号を該地球局で受信することにより、該レベル差を検出し受信レベル差が一定となるよう該地球局からの送信電力を制御するように構成する。

【産業上の利用分野】

本発明は、衛星通信における送信電力制御方式に関する。

地球を巡回する人工衛星を中継器として利用する衛星通信においては降雨により地球局－衛星間の信号伝達損失が変化する。この損失は、使用する周波数帯域、降雨強度等により変化する。降雨による減衰は、Cバンド(6GHz)で衛星へ向け送信し衛星で4GHzに変換し地球局へ返送)を利用する通信では比較的少ないが、Kuバンド(14GHz/12GHz)あるいはKaバンド(30GHz/20GHz)のように使用周波数が高くなるに従って増大する。このため、KuあるいはKaバンドを利用する衛星通信では、この降雨減衰を補償す

る何等かの送信電力制御が必要である。このような降雨減衰は、アップリンク(地球局から衛星への伝送)でもダウンリンク(衛星から地球局への伝送)でも発生する。

また、衛星中継器は、周波数変換を行なうと同時に一定の利得を有する増幅器で、その出力部には一般にTWTA(進行波増幅器)が使用される。TWTAは低出力電力では線形な入出力特性を有するが、電力が高くなるにつれて非線形な入出力特性となり、一定電力以上は出力できない飽和特性を有している。送信電力制御の基本的な考え方は、降雨減衰が発生しても衛星中継器に一定の電力レベルの信号が到達するようにするアップリンク補償を行なうことである。即ち、降雨減衰が発生した場合には、この減衰を補償するように地球局の送信電力を増加させ衛星中継器の入力レベルを一定化し、これによって衛星中継器からの出力電力が一定化される。

衛星通信では、伝送路の雑音はアップリンク雑音とダウンリンク雑音との合成である。従って、

送信電力を制御しない場合には、アップリンクの降雨減衰により雑音増加が発生し、且つ、衛星中継器が一定利得のために中継器出力電力が低下し、さらにダウンリンクでも雑音が増加するため、降雨により急激に伝送品質が劣化する。送信電力制御が完全である場合には、アップリンク雑音の劣化はなく、降雨によるダウンリンク損失増による雑音を考慮すればよいことになる。

このように衛星通信においては送信電力制御は非常に重要であり、高精度で安定した送信電力制御の実現が望まれている。

【従来の技術】

この種の衛星通信における送信電力制御方式としては、従来より多くの方式が案出されている。これらの方式のほとんどは、アップリンクの伝達損失を何等かの方法で算出し、晴天時を基準とする送信電力を降雨による伝達損失分だけ増加させるように制御するものである。このような従来方式のうち特に一般的なものを第8図により説明す

特開平3-139027 (3)

る。

第8図は従来方式を適用された衛星通信システムを示す説明図であり、この第8図において、1は人工衛星で、この人工衛星1内に、非線形な入出力特性を有する衛星中継器(トランスポンダ)1aと、ビーコン送信機1bとがそなえられている。特に、衛星中継器1aには、受信した信号の周波数を変換する周波数変換部と、周波数変換後の信号を電力増幅して出力するTWTA(進行波管増幅器)とがそなえられ、このTWTAが前述したように非線形な入出力特性を有している。また、2は地球局で、この地球局2には送信機、受信機およびビーコン受信機がそなえられている。なお、ここでは、無線周波数としてKuバンドを使用した場合を示しており、アップリンクとして14GHz、ダウンリンクとして12GHzの周波数を使用している。

このような衛星通信システムにおいて、地球局2から送信した信号は、雨が降っている場合、降雨減衰を受けて人工衛星1に到達する。この信号

を、人工衛星1における衛星中継器1aにより周波数変換するとともに電力増幅し地球局へ返送する。このとき、アップリンクと同様に雨が降っていればダウンリンクの信号も降雨減衰を受け減衰して地球局2で受信されることになる。

ここで、アップリンクとダウンリンクとの周波数は異なるため、同一の降雨であってもアップリンクとダウンリンクとでの降雨減衰量は異なる。即ち、衛星経由で折り返し地球局2で受信された信号は、アップリンク降雨減衰 L_{URAIN} とダウンリンク降雨減衰 L_{DRAIN} とが加わったものとなる。

一方、人工衛星1のビーコン送信機1bからはビーコン信号といわれる12GHzの信号が常に地球局2へ送信されている(ビーコン送信機1bをもたない衛星ではテレメトリ信号がビーコン信号に代用される)。このビーコン信号を地球局2で受信し、晴天時に受信されるビーコン信号と雨天時に受信されたビーコン信号との差に基づいて、ダウンリンクの降雨減衰 $L_{DRAIN BEACON}$ が測定される。これによって、アップリンクの降雨減衰量

を次のように求めることができる。

$$L_{URAIN} = (L_{URAIN} + L_{DRAIN}) - L_{DRAIN BEACON}$$

$$\propto L_{DRAIN} \propto L_{DRAIN BEACON}$$

ここで、 $(L_{URAIN} + L_{DRAIN})$ は衛星折り返し受信レベルの計算により得られ、 $L_{DRAIN BEACON}$ はビーコン信号受信レベルの計算により得られる。

このようにして求められたアップリンク降雨減衰量 L_{URAIN} 分の損失を補正して、地球局2のEIRP(Effective Isotropic Radiation Power)を制御すればアップリンク降雨減衰が補償され、人工衛星1への到達電力を一定化することができる。

【発明が解決しようとする課題】

ところで、衛星通信に送信電力制御を導入する場合の最大の問題は制御精度である。上述した従来の送信電力制御方式では、次のような制御精度の劣化を生じる。

- ①人工衛星1からのビーコン送信電力の変動
- ②地球局2側のビーコンレベル検出器の変動

③人工衛星1から返送されてきた信号のレベル検出器の変動

④地球局2におけるビーコン受信機と折り返し信号受信機との間の利得偏差

⑤衛星中継器1aの利得変動

⑥衛星中継器1aの小信号抑圧効果

これらの変動要因の総和としては、例えば±4dB程度の大きさのものが生じると考えられる。このような精度劣化は、送信電力制御を行なうための制御範囲と同程度であり、制御しない方がむしろ安全と考えられるほど劣悪なものである。つまり、従来方式では、送信電力制御を行なう動機を失う程に制御精度が悪くなるおそれがある。

また、従来方式では、ハードウェア規模も非常に大きく、特に地球局2にそなえられるビーコン受信機は、主信号の受信信号と周波数が異なるとき、周波数変換器、低雑音増幅器、ダウンコンバータ等の専用受信設備一式が必要になる。

このように、従来方式では、最も重要な送信電力の制御精度が悪く且つハードウェアも増大する

特開平3-139027 (4)

という課題がある。

本発明は、このような課題に起因なされたもので、衛星中継器の入出力特性と直接計測するようにして、簡単な構成で制約精度の向上をはかった、衛星通信における送信電力制御方式を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

第1図は本発明の原理ブロック図である。

この第1図において、1は人工衛星で、この人工衛星1内に、非線形な入出力特性を有する衛星中継器(トランスポンダ)1aがそなえられており、この衛星中継器1aには、受信した信号の周波数を変換する周波数変換部と、周波数変換後の信号を電力増幅して出力するTWT A(進行波管増幅器)とがそなえられ、このTWT Aの非線形性が衛星中継器1aの非線形入力特性を決定している。

また、2Aは地球局で、この地球局2Aには、パイロット信号発生手段2a、送信電力制御手段2bおよびレベル差検出手段2cがそなえられて

いる。パイロット信号発生手段2aはレベル差をもつパイロット信号を発生するもの、レベル差検出手段2cは、衛星中継器1aからのレベル差について圧縮を受けた信号を受信してそのレベル差を検出するものである。そして、送信電力制御手段2bは、レベル差検出手段2cにより検出されたレベル差に基づき、その受信レベル差が一定となるように地球局2Aからの送信電力を制御するものである。

なお、上述したパイロット信号を地球局2Aから人工衛星1へ送出する手段としては、時分割多元接続方式の衛星通信システムであれば、例えば、バースト信号間のガードタイミング部に複数レベル差の信号を挿入する手段、もしくは、バースト信号先頭の搬送波再生同期信号に複数のレベルを付与する手段などが用いられる。

【作 用】

本発明では、衛星中継器1aの入出力動作点を直接的に求め、それを地球局2Aの送信電力の制

御基準とするものである。即ち、衛星中継器1aは、TWT A等の電力増幅器を使用しているため、その入出力特性は、出力電力を増大させるにつれて線形領域から非線形領域そして飽和領域と変わっていく。

従って、上述の構成の装置により、地球局2Aのパイロット信号発生手段2aから、レベル差の異なるパイロット信号を人工衛星1の衛星中継器1aへ送信し、この衛星中継器1aから送り返されてきたパイロット信号のレベル差をレベル差検出手段2cにより検出することで、検出された受信レベル差が、当初のレベル差よりも圧縮されていれば非線形領域にあることが分かる。

この圧縮されたレベル差が常に一定になるように、地球局2Aの送信電力を送信電力制御手段2bにより制御することで、衛星中継器1aからの出力電力が常に一定化され、電力制御が行なわれることになる。

【実施例】

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

第2図は本発明の一実施例を示すブロック図で、本実施例では、時分割多元接続方式(TDMA)の衛星通信システムの場合について説明する。

第2図に示すように、人工衛星1内には、非線形な入出力特性を有する衛星中継器(トランスポンダ)1aがそなえられ、この衛星中継器1aが、周波数変換部と、衛星中継器1aの非線形入力特性を決定するTWT Aとを有している。TWT Aの入出力特性つまり衛星中継器1aの入出力特性の一例を第4図に示す。

また、地球局2Aには、2レベル発生器2d(第1図のパイロット信号発生手段2aに対応するもの)、主信号発生器2e、送信機2f、受信機2g、レベル差検出手段2h(第1図のレベル差検出手段2cに対応するもの)および可変アッテネータ2i(第1図の送信電力制御手段2bに対応するもの)がそなえられている。

特開平3-133027 (5)

2レベル発生器2dは、レベル差をもつパイロット信号を発生し、このパイロット信号を、主信号発生器2eからの人工衛星1へ実際に送信すべき信号に付加するものである。このとき、本実施例では、第3図(a)に示すように、TDMAバースト信号間のガードタイミング期間にレベル差のあるパイロット信号(レベルA、B)をそれぞれ挿入することにより、可変アッテネータ2iおよび送信機2fを通してパイロット信号を人工衛星1へ送信している。

レベル差検出器2hは、受信機2gにより受信した人工衛星1からの折り返し信号を受け、衛星中継器1aからのレベル差について圧縮された第3図(b)に示すようなパイロット信号を取り出し、そのレベル差を検出するものである。例えば、第4図に示すような出力特性を有する衛星中継器1aに対して、2レベル発生器2dにより入力レベル差5dB、3dBをそれぞれ付与したとき、TWTAの動作点の変化により圧縮されるレベル差の特性を第5図に示す。このような特性を、地球局

2Aにおけるレベル差検出器2hにより検出する。

そして、可変アッテネータ2iは、レベル差検出器2hにより検出されたレベル差に基づき、その受信レベル差が一定となるように、例えば第5図に示すようにTWTAの動作点を常にバックオフ4dBの点になるように、地球局2Aからの送信電力を制御するものである。

上述の構成により、地球局2Aの2レベル発生器2dからの一定のレベル差をもつ異なる2つのパイロット信号を、主信号に付加して人工衛星1の衛星中継器1aへ送信する。この2つのパイロット信号のレベル差は、衛星中継器1aの入出力特性に応じて変化する。例えば、第6図(a)に示すように、衛星中継器1aの入出力動作点が線形領域にある場合には、衛星中継器1aへ入力されたパイロット信号のレベル差A1-B1は、保存されて衛星中継器1aから出力されたパイロット信号のレベル差A0-B0にほぼ等しくなり、第6図(b)に示すように、衛星中継器1aの入出力動作点が非線形領域にある場合には、出力レベル差A

0-B0は圧縮されて入力レベル差A1-B1よりも小さくなり、第6図(c)に示すように、衛星中継器1aの入出力動作点が飽和領域にある場合には、出力レベル差A0-B0はほぼ0となる。

本実施例では、このような領域ごとの特性変化を利用し、衛星中継器1aから送り返されてきたパイロット信号のレベル差をレベル差検出器2hにより検出することで、この受信レベル差から衛星中継器1aの入出力動作点が直接的に求められる。そして、レベル差検出器2hにより検出した受信レベル差を、地球局2Aの送信電力の制御基準とし、この受信レベル差が常に一定になるように、地球局2Aの送信電力を可変アッテネータ2iにより制御することで、衛星中継器1aからの出力電力を常に一定化する。このとき、主信号は、パイロット信号と相対レベル一定で送信する。

このように、本実施例の方式によれば、送信電力制御の精度に劣化を与える要因としても次のようなものがある。

① 2レベル発生器2dのレベル差誤差: $\pm 0.3\text{dB}$

② 地球局2Aの送信ハイパワーアンプ(図示せず)の非直線歪: $\pm 0.2\text{dB}$

③ レベル差検出器2hの検出誤差: $\pm 0.3\text{dB}$

これらの合計は $\pm 0.8\text{dB}$ であり、精度について、従来方式に比較し格段に優れているのが明らかである。また、ここに挙げた精度劣化要因は、すべて地球局2Aの設備で決まるため、その精度の維持管理が極めて容易である(従来方式では、衛星中継器1aの変動要因が無視できず大きな精度劣化を招いていた)。さらに、本方式を実現するためのハードウェアも、送信側に2レベル発生器2dを設け、受信側にレベル差検出器2hを設けるだけでよく、他の部分は主信号の伝送設備をそのまま共用でき、従来方式に比べ装置を大幅に簡素化することができる。

なお、上述した実施例では、パイロット信号を地球局2Aから人工衛星1へ送出する手段として、第3図(a)、(b)に示すようにバースト信号間のガードタイミング期間に複数レベル差の信号を送入する手段を用いているが、第7図(a)、(b)に

特開平3-139027 (6)

示すように、TDM パースト信号発生の同期用プリアンブルワード、例えば搬送波再生同期用無変調パターン部(CR)に複数のレベルを付与する手段を用いてもよい。第7図(a)に示すものでは、パースト信号ごとに交替でレベルを変えており、第7図(b)に示すものでは、パースト信号内のCR部内でレベル差を与えている。

【発明の効果】

以上記述したように、本発明の衛星通信における送信電力制御方式によれば、レベル差を有する信号の圧縮状態から衛星中継器の入出力特性を直接計測し、そのレベル差が常に一定にするように送信電力を制御することで、衛星中継器の出力電力を一定化できるように構成したので、送信電力制御の精度が大幅に向上するとともに、制御精度の劣化要因がすべて地球局設備側にあるためにその維持管理が容易であるほか、ほとんどのハードウェアは主信号の伝送設備を利用できるために装置を簡便で商業できる利点がある。

- 2 a はパイロット信号発生手段、
- 2 b は送信電力制御手段、
- 2 c はレベル差検出手段、
- 2 d は2レベル発生器、
- 2 e は主信号発生器、
- 2 f は送信機、
- 2 g は受信機、
- 2 h はレベル差検出器、
- 2 i は可変アッテネータである。

代理人 弁理士 真田 有

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理ブロック図、

第2図は本発明の一実施例を示すブロック図、

第3図(a)、(b)は本実施例におけるパイロット信号の伝送手段を説明するための図、

第4図は本実施例の衛星中継器の入出力特性を示すグラフ、

第5図は本実施例の受信レベル差の検出特性を示すグラフ、

第6図(a)~(c)は本実施例の動作を説明するべく入出力特性を示すグラフ、

第7図(a)、(b)はいずれもパイロット信号の伝送手段の変形例を説明するための図、

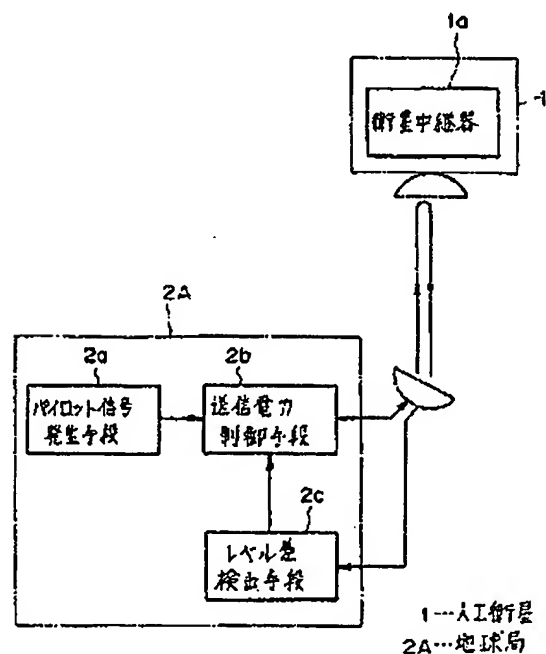
第8図は従来方式を適用された衛星通信システムを示す説明図である。

図において、

1 は人工衛星、

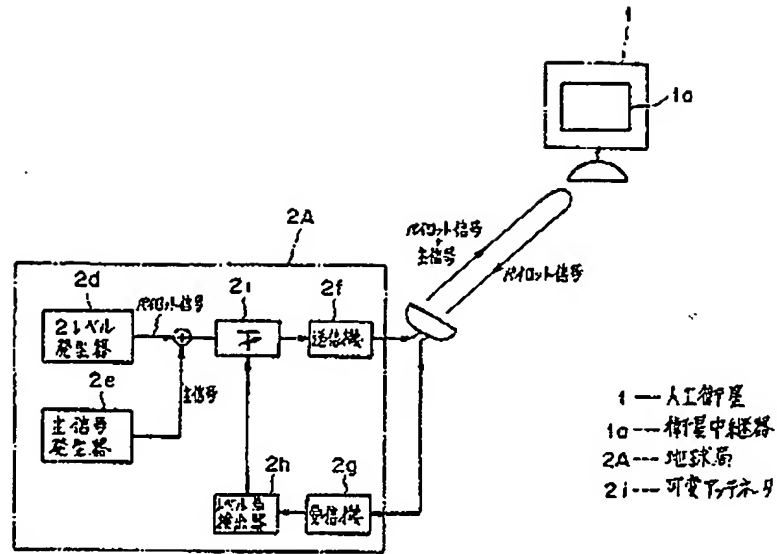
1 a は衛星中継器、

2 A は地球局、

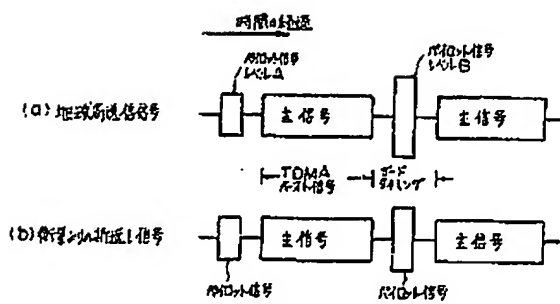


本発明の原理ブロック図
第1図

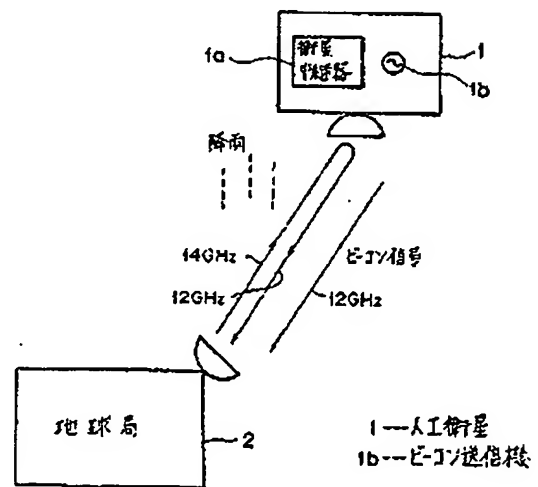
特開平3-139027(7)



本発明の一実施例を示すブロック図
第2図

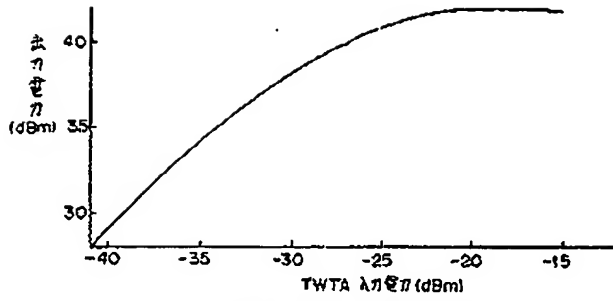


本実施例における周波数信号の伝送系統を説明する図
第3図

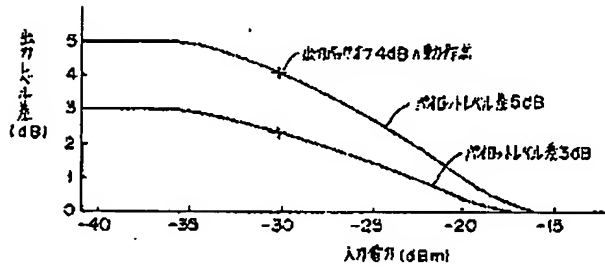


伝送方式に適用した衛星通信システムを示す説明図
第4図

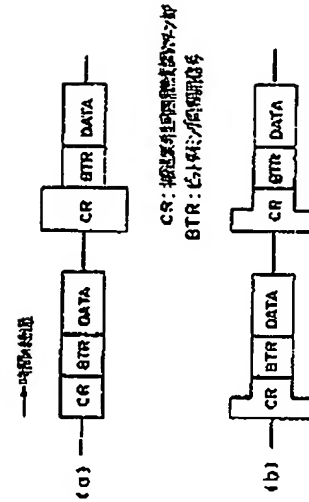
特開平3-139027(8)



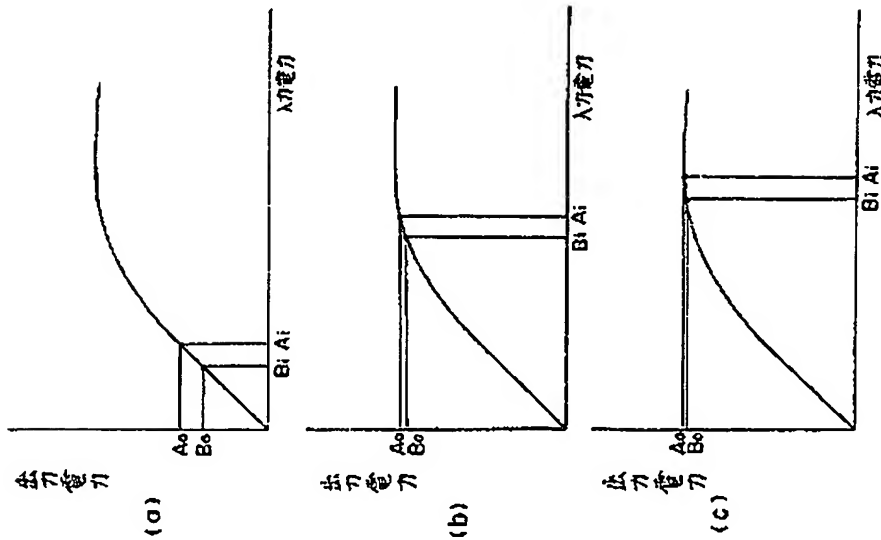
本実施例の衛星中継器の入出力特性を示すグラフ
第4図



本実施例の受信レベル差の出力特性を示すグラフ
第5図



受信機と送信機の構成を示すブロック図
第7図



本実施例の動作を説明する入出力特性を示すグラフ
第6図